Brazilian Journal of Development

# Teoria das filas para a análise de estacionamento em centros universitários

# Theory of queue for parking's university analysis

DOI:10.34117/bjdv6n4-342

Recebimento dos originais:27/03/2020
Aceitação para publicação:27/04/2020

**Willer Luciano Carvalho**
Doutor em Transportes pela Universidade Federal de Goiás
Instituição: Universidade Federal de Goiás
Endereço: R. Mucuri, s/n - St. Conde dos Arcos, Aparecida de Goiânia - GO, 74968-755, Brasil
E-mail: willer_carvalho@ufg.br

**Paulo Henrique Cândido Barbosa**
Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Goiás
Instituição: Universidade Federal de Goiás
Endereço: Avenida Universitária, Quadra 86, Lote Área 1488 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, 74605-220, Brasil
E-mail: paulohenriquecbarbosa@gmai.com

**Luís Felipe Cazorla Ciscar**
Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Goiás
Instituição: Universidade Federal de Goiás
Endereço: Avenida Universitária, Quadra 86, Lote Área 1488 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, 74605-220, Brasil
E-mail: luisfelipecazorla@hotmail.com

**Rafael Siqueira Telles de Souza Campos**
Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Goiás
Instituição: Universidade Federal de Goiás
Endereço: Avenida Universitária, Quadra 86, Lote Área 1488 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, 74605-220, Brasil
E-mail: rafael_siqueira2@hotmail.com

**RESUMO**
Nos grandes centros urbanos os problemas relacionados com a mobilidade têm sido crescentes. Dentre eles, está o intenso desenvolvimento de polos geradores de tráfego, como as universidades, sem planejamento prévio nos espaços destinados ao estacionamento de veículos, fazendo com que as vias urbanas sejam usadas para tal fim. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo o estudo, por meio da Teoria das Filas, das áreas de estacionamentos existentes em centros universitários, a fim de avaliar a capacidade das mesmas e identificar possíveis déficits. Para tal, foi realizado um estudo de caso dentro da

Brazilian Journal of Development

Escola de Engenharia da Universidade Federal de Goiás. Neste estudo, foi realizado um levantamento de dados de campo, aplicando-se um questionário com os usuários do estacionamento, e depois foi aplicada a Teoria das Filas para dimensionar o estacionamento. Assim, observou-se que dentro da Escola de Engenharia existe déficit de 36% no número de vagas oficiais.

**Palavras chave**: Teoria de Filas, Estacionamento, Centros Universitários.

**ABSTRACT**
In large urban areas the problems related to mobility have been increasing. Among them is the intensive development of generators poles of traffic, such as universities, without prior planning in the spaces for the parking of vehicles, so that urban roads are used for this purpose. Thus, this study aimed to study, through the theory of queues, in the areas of existing parking lots in universities, in order to assess their abilities and identify possible deficits. To this end, it conducted a case study within the School of the Federal University of Goiás Engineering. In this study, a survey of field data was conducted by applying a questionnaire with the users of the parking lot, and then applied the Theory of Queues to scale the parking. It was found that within the School of Engineering there is a 36% deficit in the number of official openings.

**Key-words:** Theory of queue, parking, Center University

## 1 INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana nas grandes cidades não tem acompanhado o crescimento urbano. O aumento do número de carros vem crescendo de forma extraordinária, cerca de 235 mil carros novos ingressaram na cidade Goiânia no ano de 2014. Sendo que a estrutura para fazer movimentar esse fluxo, continua praticamente a mesma. E isso reflete no aumento do congestionamento da cidade (RMTC, 2014).

O aumento no fluxo de carros nas grandes cidades do mundo todo gera um enorme problema também no dimensionamento de estacionamentos nas cidades. Não há vagas suficientes para suprir a demanda de carros atuais na maioria dos grandes polos. No Distrito Federal, por exemplo, tem-se um déficit de cerca de 40 mil vagas, o que faz com que os motoristas acabem deixando seus carros com flanelinhas nas ruas. Na cidade de São Paulo, estacionar o carro também é uma tarefa muito difícil, o déficit de vagas é ainda maior do que no Distrito Federal, chegando a cerca de 125 mil vagas. Esses dados geram um enorme transtorno para o trânsito dessas regiões e para a mobilidade urbana das cidades (MAIA, 2014) e (ERNST& YOUNG, 2014).

O Brasil, nos últimos anos, tem passado por um grande desenvolvimento científico tecnológico e isso influencia no crescimento das Universidades. Dessa forma, o ingresso de

alunos tem sido cada vez maior com vários cursos sendo abertas e novas vagas de graduação e pós-graduação sendo criadas. Dados do Censo indicam um crescimento de 3,8% nas matrículas para o ensino superior, sendo que o total de alunos chegou a 7,3 milhões de estudantes em 2013 (CENSO, 2014). Porém esse crescimento tem que ser acompanhado pelo espaço físico das universidades, a fim de comportar toda nova demanda. Porém esse crescimento do número de alunos nem sempre é acompanhado pelo crescimento do espaço físico das universidades, fazendo com que assim ocorra um déficit de vagas nessas instituições de ensino.

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar se a área de estacionamento destinada aos carros dos alunos das Universidades atende à demanda atual, aplicando a Teoria das Filas. Para isso será realizada uma pesquisa para determinar a demanda atual e futura por vagas de estacionamento e, portanto deve ser determinado um espaço amostral que seja de grau de confiabilidade e margem de erro razoáveis.

## 2 MOBILIDADE URBANA

A Mobilidade Urbana é atualmente um grande desafio para as grandes cidades do mundo. O notório inchaço urbano faz com que surja a necessidade de avaliar novos métodos de transporte. Porém esses métodos devem ser avaliados e estudados de maneira correta para que ele possa ajudar a mobilidade, e não causar o efeito contrário. E esses novos meios de transporte devem ser analisados de acordo com cada área, para atender de acordo com os principais meios de transporte de cada região, que varia principalmente com a renda da população (PlanMob, 2007).

A política de mobilidade em praticamente todo o território brasileiro, muitas vezes ao invés de melhorar o transporte, acaba prejudicando ainda mais, pois causa redução dos índices de mobilidade e acessibilidade, degradação do meio ambiente, desperdício de tempo em congestionamentos, e grande mortalidade devido aos acidentes de trânsito. O transporte público deveria ser algo que atraísse a população a deixar de utilizar o transporte individual, mas o que acontece a muitos anos é exatamente o contrário, toda a população tenta sair do transporte coletivo para o individual (SeMob, 2007).

### 2.1 POLOS GERADORES DE VIAGENS

Polos Geradores de Viagem são todos empreendimentos de porte que causam problemas na fluidez do tráfego no local de influência dele, por atrair um número significativo de viagens.

Esses empreendimentos causam congestionamento com o aumento do volume de veículos nas vias próximas, aumento do tempo de deslocamento dos cidadãos afetando a qualidade de vida, além do aumento de conflitos entre o acesso do empreendimento e o tráfego de passagem que acabam gerando o maior número de acidentes. Porém cada município tem os seus parâmetros para definir quais estabelecimentos são PGV, em Curitiba, por exemplo, PGV é todo estabelecimento com área construída maior ou igual que 5.000m², enquanto que em Belo Horizonte considera como um dos parâmetros todo empreendimento de uso não residencial no qual a área edificada seja superior a 6.000m², um PGV. São alguns exemplos de PGV os shoppings centers, universidades, estádios, supermercados e conjuntos habitacionais (DENATRAN,2001).

## 3 ESTACIONAMENTO

Estacionamento são áreas destinadas para que os motoristas possam estacionar seus carros de maneira tranquila e segura, para facilitar o acesso ao local desejado. Esses estacionamentos podem ser nas ruas onde não tem cobrança de taxas, tem uma menor rotatividade, com certo atrito em relação à fluidez do trânsito, porém também existem vagas nas ruas em que são cobradas algumas taxas, tem uma alta rotatividade que são em áreas comerciais e de serviço. Têm-se também os estacionamentos fora das vias, que são os estacionamentos dos shoppings, hospitais, supermercados, faculdades, entre outras áreas que são polos geradores de viagens. Esse tipo de estacionamento (fora da via), que é o foco deste trabalho.

Para que o estacionamento seja eficaz, e atenda a demanda desejada sem que haja problemas futuros, é necessário que seja feito alguns estudos em relação ao empreendimento na qual essas vagas irão atender. Deve-se estudar a atual demanda, e a esperada futuramente para aquele local, a localização e a influência desse polo gerador de viagem, a responsabilidade sobre este atendimento, avaliação da utilização de estacionamentos já existentes, um estudo de acumulação e estudo de duração e rotatividade.

### 3.1 LEGISLAÇÕES REFERENTES À ESTACIONAMENTO NO BRASIL

Regras e normas ditam o modo como vivemos e agimos no mundo. Definir essas regras e normas é função do poder legislativo, que criam leis que devem ser seguidos pela sociedade em geral. Essas leis podem ter caráter municipal, estadual ou nacional, porém sempre devem seguir a hierarquia.

A legislação de estacionamentos não é diferente, tem suas regras para se seguir. Cada estado ou cidade tem suas próprias definições de qual a quantidade de vagas para cada tipo de estabelecimento.

## 4 TEORIA DAS FILAS

As formações de filas ocorrem porque a procura pelo serviço é maior do que a capacidade do sistema de atender a esta procura. A razão pelo qual os gerentes dos estabelecimentos e o poder público não aumentam suas capacidades de atendimento podem ser resumidas basicamente por dois motivos: inviabilidade econômica e limitação de espaço (CAJADO, 2004).

A teoria se baseia em algumas premissas para que se dê conta de dimensionar corretamente uma fila ideal para cada situação no dia-a-dia e antes de se fazer qualquer tipo de cálculo deve-se definir claramente as premissas para a situação desejada.

### 4.1 CLIENTES E TAMANHO DA POPULAÇÃO

A primeira premissa a se observar é a população que pode gerar novos clientes que aguardam por um serviço formando uma fila. Podemos considera-la infinita quando não se tem um limite máximo de clientes, como no caso de um ponto de ônibus. Porém quando se tem uma população preestabelecida, como é o caso de uma fila de funcionários em um refeitório de obra, temos uma população finita (PRADO, 2014).

### 4.2 PADRÃO DE CHEGADA DOS CLIENTES

Essa premissa leva em conta o processo de chegada à fila. Deve-se conhecer o intervalo de chegada dos clientes, que é chamado de tempo de interchegada. Também é preciso saber se os clientes podem chegar de uma vez produzindo o que é conhecido como “batch” (CAJADO, 2004).

É necessário identificar também a taxa média de chegada ($\lambda$) e o intervalo médio de chegadas (IC) bem como a origem dos dados, pois como os dados originais variam em torno da media interfere na caracterização de um processo de chegada que pode se aproximar de algum tipo de distribuição de frequências como a distribuição normal, a exponencial, a de Poisson, etc (PRADO, 2014).

Brazilian Journal of Development

## 4.3 PADRÃO DOS SERVIÇOS

O padrão de serviço se refere a como o atendimento é feito. O tempo gasto de cada cliente para realizar o que desejava ao pegar a fila. Neste caso, o atendimento ao cliente pode, em algumas situações, depender do número de pessoas que estão na fila. Por exemplo, um atendente de caixa de supermercado pode tornar seu serviço mais ágil quando a fila está maior, ou se apavorar e tornar o serviço menos eficiente (CAJADO, 2004).

O processo de atendimento também é quantificado em valores médios e da mesma forma que o processo de chegada deve ser aproximado de uma distribuição probabilística. O ritmo médio de atendimento é representado pela letra grega μ e o tempo médio de atendimento representado por TA (PRADO, 2014).

## 4.4 DISCIPLINA DAS FILAS

A disciplina das filas trada de como os clientes que entram no sistema são atendidos. Existem quatro opções para isso. A mais comum de encontrarmos no dia-a-dia é a forma FIFO (Firts-In-Fisrt-Out) em que a primeira pessoa que chegou na fila é a primeira a ser atendida. Existe a forma FILO (First-In-Last-Out), que comum quando temos um controle de estoque de materiais não perecíveis em que os matérias que chegaram por último tem uma maior facilidade de acesso e por isso são consumidos primeiro.

## 4.5 CAPACIDADE DO SISTEMA

Essa premissa consiste em analisar o tamanho máximo que a fila pode atingir. Em algumas situações o espaço físico limita o tamanho da fila. Dessa forma até alguém seja atendido não cabe ninguém mais na fila (CAJADO, 2004).

## 4.6 NÚMERO DE CANAIS DE SERVIÇO

O número de canais de serviço é definido pela quantidade de estações de atendimento aos clientes simultaneamente. Os sistemas que possuem mais de um canal de atendimento são chamados de multicanais (CAJADO, 2004).

Dessa forma esses sistemas ainda podem apresentar algumas diferenças, como no fato de possuir uma fila para cada estação de atendimento, como mostrado na figura 2, - sistema multicanal com fila individual – ou uma fila única, como mostrado na figura 3, – sistema multicanal com fila única.

Brazilian Journal of Development

4.7 ESTÁGIO DE SERVIÇOS

Nessa premissa é avaliado se o sistema é composto por várias etapas de atendimento, e se portanto o cliente pega apenas uma ou mais filas dentro do sistema.

4.8 OS PROCESSOS DE CHEGADA E DE ATENDIMENTO

Quando trabalha-se com dados, deve-se valer da Estatística para analisar corretamente, pois não se deseja descobrir apenas o valor máximo, mínimo e médio, mas também como os valores se distribuem ao redor da média. Para analisar o processo de chegada, é necessário dentro de uma análise descobrir a "frequência relativa" e a "frequência absoluta", para se ter os dados estatísticos da chegada de acordo com um intervalo de tempo. (PRADO, 2014)

Uma outra distribuição que é feita, é a de Poisson, que através da fórmula descobre-se a probabilidade de ocorrer uma certa quantidade de chegadas em um intervalo de tempo. (PRADO, 2014)

4.9 MODELO DAS FILAS

De uma maneira geral, um modelo de filas pode ser descrito pela seguinte notação, A/B/c/K/m/Z, sendo que:

- A descreve a distribuição dos intervalos entre chegadas;
- B descreve a distribuição do tempo de serviços;
- c é a capacidade de atendimento ou a quantidade de atendentes;
- K é a capacidade máxima do sistema;
- m é o tamanho da população que fornece clientes;
- Z é a disciplina da fila.

Essa é a notação de Kendall. (PRADO, 2014).

## 5 METODOLOGIA ADOTADA

Nesse capítulo será mostrado à escolha de qual teoria se encaixa melhor no problema do trabalho. E a partir disso será feito uma demonstração de como será aplicado em campo a teoria.

Brazilian Journal of Development

## 5.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO A SER UTILIZADO

Analisando as modelos, os objetivos finais deste estudo é possível definir, como o de melhores resultados os obtidos, o modelo M/M/c.

O resultado apresentado por esse modelo quando se faz:

$$NA = \lambda/\mu \quad (1)$$

é o número de atendentes (NA) necessários. Para o nosso estudo de caso NA será a quantidade de vagas para atender a demanda. Na fórmula acima, temos:

$\lambda$ = Ritmo médio de chegada dos clientes ($\lambda$=1/IC ); (2)

$\mu$ = Ritmo médio de atendimento de cada atendente ( $\mu$=1/TA ). (3)

A partir desse método ainda é possível analisar a taxa de utilização ($\rho$) que se refere a fração média do tempo em que cada vaga está ocupada. O $\rho$ deve estar entre 0 e 1 para o sistema funcionar, se ele for maior que 1 significa que a fila em questão irá aumentar infinitamente.

$$\rho = \lambda/(NA.\mu) \quad (4)$$

## 5.2 ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Foi aplicado um questionário a ser respondido pelos alunos da Escola de Engenharia, para que a partir do resultado dele se possa fazer a aplicação do método. Nesse questionário os alunos responderam três questões, na primeira o aluno escolhe qual tipo de transporte é utilizado por ele na ida para Escola. Já para segunda e terceira perguntas, só os alunos que marcaram a opção de carro ou moto particular respondem, sendo que na segunda pergunta ele irá marcar o nível de dificuldade para achar vagas no estacionamento, e na terceira ele irá marcar as faixas de horários em que ele está na Faculdade, para que assim possa saber o horário de pico do estacionamento.

## 5.3 CÁLCULO AMOSTRAL

Para começar a aplicação do questionário é necessário obter, primeiramente, o número de entrevistados para se ter um respaldo e confiança para a pesquisa. Com isso, alguns parâmetros serão necessários para calcular o tamanho da amostra (SANTOS, 2015). Eles são: Erro amostral (e) - é a diferença entre o valor estimado pela pesquisa e o verdadeiro valor.

Esse valor costuma ser escolhido pelo pesquisador, e em geral é definido em 5%, que será o valor utilizado nesse trabalho (SANTOS, 2015).

Nível de confiança (Z) – é a probabilidade de que o erro amostral efetivo seja menor que o erro amostral da pesquisa. Logo no caso desse trabalho, o nível de confiança será a probabilidade de que o erro da pesquisa não ultrapasse 5%. Sendo que nesse trabalho o nível de confiança de 95% (SANTOS, 2015).

População (N) – É o número de elementos que existem no universo como um todo, que no caso desse trabalho é o total de alunos da Escola de Engenharia da UFG (SANTOS, 2015).

Percentual Máximo ou mínimo (p) – Se houver alguma informação que indique que percentual não passará de certo valor, ou seja, o número de pessoas que vai com veículo próprio para a faculdade não passará de 30% por exemplo, os valores são sempre menores que 50%. No caso do percentual mínimo a explicação é parecida do percentual máximo, porém a informação tem que indicar um percentual que indique que a certeza de que a pesquisa irá ultrapassar esse valor, esses valores são sempre maiores que 50%. Nesse trabalho, não há informações de percentual mínimo ou máximo, logo "p" será igual a 50% (SANTOS, 2015).

Tendo esses parâmetros em mãos, é possível conseguir o valor da amostra (n) utilizando a seguinte fórmula (SANTOS, 2015):

$$n=(N\times Z\times p\times(1-p))/(Z\text{^}2\times p\times(1-p)+e\text{^}2\times(N-1)) \quad (5)$$

## 5.4 APLICAÇÃO DA TEORIA

Para coleta desses dados será feito a anotação da entrada e saída dos veículos no estacionamento da Escola de Engenharia no horário de pico. Esses valores serão coletados nesse horário e dia durante duas semanas. Com isso, será possível obter o ritmo médio de chegada dos carros por minuto (λ) que entram na Escola no período estabelecido e também o ritmo médio de atendimento dos carros (μ). Esses valores servirão de base para os cálculos estabelecidos pela teoria M/M/c.

## 6 ESTUDO DE CASO: ESCOLA DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

A escola de engenharia foi reconhecida em 1958 e oferecia apenas o curso de Engenharia Civil, na época o nome da Escola era "Escola de Engenharia do Brasil Central". Essa escola foi reconhecida no decreto nº 45.138-A, o qual concedia o reconhecimento do curso de Engenharia Civil na Escola de Engenharia do Brasil Central, com sede em Goiânia e mantida pelo Governo do Estado de Goiás. Esse decreto foi assinado pelo então presidente Juscelino Kubitschek. A primeira turma de Engenhara Civil com 18 alunos conclui o curso em dezembro de 1959.

A Universidade Federal de Goiás foi criada no dia 14 de dezembro de 1960, reunindo as 5 maiores escolas existentes na época na cidade de Goiânia: a Faculdade de Direito, a Faculdade de Farmácia e Odontologia, a Escola de Engenharia, o Conservatório de Música e a Faculdade de Medicina.

Posteriormente com a criação da Universidade Federal de Goiás, foi implantado em 1964 o curso de Engenharia Elétrica, que foi reconhecido no decreto nº 67.032 e foi assinada pelo então presidente na época Emílio Médici. Esse decreto foi assinado no dia 10 de agosto de 1970.

No ano de 1991 a Escola de Engenharia foi desdobrada em Escola de Engenharia Civil (EEC) e Escola de Engenharia Elétrica (EEE), ambas situadas na praça universitária, no campus Colemar Natal e Silva.

Em 1998 surgiu na Escola de Engenharia Elétrica o curso noturno de Engenharia da Computação e o curso de mestrado desses dois cursos. Com a inserção desse novo curso, a EEE passou a se chamar Escola de Engenharia Elétrica e de Computação (EEEC), que passou a ser reconhecido pela UFG em 2003.

Aproveitando-se do REUNI, em 2009 a EEEC passou a ofertar o curso de Engenharia da Computação no período matutino também, e no mesmo ano passou a ofertar o curso de Engenharia Mecânica. Sendo assim, em 2012 a EEEC mudou novamente seu nome e passou a se chamar Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC). O curso de Engenharia Ambiental também é ofertado na Escola, inaugurou-se no ano de 2009 e se uniu a Escola de Engenharia Civil. A Figura 13 mostra a planta da Escola de Engenharia nos dias atuais, nela destacamos a área que é destinada ao estacionamento de alunos.

Brazilian Journal of Development

Os cursos que são ofertados hoje na Escola de Engenharia são a graduação de Engenharia Civil, Elétrica, Computação, Mecânica e Ambiental. Também é ofertado no mesmo espaço físico o curso de Mestrado de Engenharia Civil, Elétrica e da Computação.

Além dos prédios já existentes para suportar tais cursos, foi construído um novo prédio com a intenção de ampliar os espaços da faculdade, e trazer novos cursos para a Escola, porém, foi feita apenas uma pequena ampliação no espaço destinado a estacionamento para os alunos, o que pode gerar um problema, visto que apenas com os alunos que existem hoje na faculdade, o estacionamento já está sendo um problema visível.

## 6.1 CÁLCULO DO ESPAÇO AMOSTRAL

O cálculo do espaço amostral para se determinar a quantidade de alunos a serem entrevistados pode ser feito a partir do número total de alunos da Escola de Engenharia que define a população (N) em 1719 alunos. O erro (e) de 5%, o nível de confiança (Z) de 95% e os limites máximo e mínimos de 50%.A amostra (n) para o trabalho em questão será de 315 alunos.

## 6.2 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO

Com o número de alunos definido pelo cálculo amostral, foi realizado a pesquisa em sala de aula definindo os resultados necessários para a aplicação da teoria.

O resultado para o horário e dia crítico do estacionamento foi de que na terça, no período das 13:00 – 15:00, há o maior movimento de veículos.

## 6.3 CÁLCULO DO NÚMERO E VAGAS E TAXA DE UTILIZAÇÃO

O horário de pico que foi definido de acordo com as pesquisas realizadas em sala de aula foi na primeira aula do período vespertino de terça-feira, portanto a pesquisa de campo foi realizada nos dois primeiros horários desse período.

Foi contado de minuto em minuto quantos alunos entravam e saíam da escola, para obter assim o ritmo de entrada e de saída dos veículos, para que no final de tudo pudesse contar e tratar os dados de acordo com o modelo M/M/c.

Primeiramente foram decididos os intervalos de tempo que cada aluno fica na faculdade, que seria o tempo de atendimento, que de acordo com a nossa pesquisa que foi feita no intervalo de duas aulas, o aluno terá um intervalo de atendimento de 100 minutos (equivalente

a uma aula), ou 200 minutos (equivalente a duas aulas). Através desse dado, é feito uma média ponderada para descobrir qual é o tempo médio de atendimento (TA) para cada aluno.

Com os dados coletados, foi divido os alunos que ocupam vagas no estacionamento apenas na 1ª aula, ou apenas na 2ª aula ou nas duas aulas.

A primeira aula do período vespertino inicia-se 13:10 e termina as 14:50, portanto foi considerado o aluno que ocupa vaga apenas na primeira aula, aquele que sai com o carro da faculdade entre 13:20 e 15:20. Foi considerado o intervalo a partir de 13:20, pois pode ser que aconteça algum imprevisto e o aluno tenha que ir embora mais cedo, ou o aluno apenas respondeu a chamada, e o intervalo foi até as 15:20 pois a aula termina as 14:50, portanto foi dado um prazo para que o aluno saia da faculdade.

A segunda aula do período vespertino inicia-se as 15:10 e termina as 16:50, com isso, considerou-se o aluno que ocupa vaga apenas na segunda aula aquele que entra com o carro na faculdade entre 13:50 e 15:20. Foi considerado o início do intervalo as 13:50, pois já está praticamente na metade da primeira aula, portanto não faz muito sentido esse aluno que chegou esse horário assistir a primeira aula, logo considera-se que ele chegou mais cedo para assistir a segunda aula. O intervalo foi até as 15:20 pois considerou um tempo de tolerância para o atraso do aluno, já que a aula se inicia as 15:10.

Foram considerados os alunos que ocupam vaga no estacionamento na primeira e na segunda aula o número de alunos total que entrou na faculdade até as 15:20, menos os que assistiram apenas a primeira aula, menos os que assistiram apenas a segunda aula.

Em seguida é descoberto o ritmo médio de chegada dos alunos (λ), que calcula pela fórmula:

$$\lambda = (\text{número total de carros})/(\text{intervalo máximo de atendimento}) \qquad (6)$$

No caso o número total de alunos é a somatória de todos os alunos que ocuparam vaga nesse período da pesquisa, e o intervalo máximo de atendimento para a nossa pesquisa foi de 200 minutos.

Feito isso, calcula-se o ritmo médio de atendimento (μ) de cada atendente, que por definição é calculado pela equação 3: $\mu = 1/TA$

Com esses dados calculados, calcula-se o número de atendentes (NA), que no nosso caso é o número de vagas necessárias pela equação 1: $NA = \lambda/\mu$

Agora podemos calcular a taxa de utilização (ρ) para as vagas oficiais (ρO) e totais (ρT).

Brazilian Journal of Development

$$\rho 0 = \lambda/(co.\mu) \quad (7)$$

$$\rho T = \lambda/(ct.\mu) \quad (8)$$

As tabelas abaixo mostram os dados obtidos nas pesquisas de campo realizada:
Primeiro dia de pesquisa de campo:

- 85 alunos ocuparam vaga apenas na primeira aula (100 minutos);
- 69 alunos ocuparam vaga apenas na segunda aula (100 minutos);
- 98 alunos ocuparam vaga nas duas aulas (200 minutos).

A média ponderada para encontrarmos o tempo médio de atendimento (TA) é 138,88 minutos/aluno.

Calcula-se agora o ritmo médio de chegadas (λ) dos alunos pela equação 6:

λ=(número total de carros)/(intervalo máximo de atendimento)=((85+69+98))/200=1,26

Em seguida foi calculado o ritmo médio de atendimento pela equação 3:

$$\mu = 1/TA = 1/138{,}88 = 0{,}0072$$

Com esses valores, calcula-se o número de vagas necessárias para atender a demanda (Eq. 1):

$$NA = \lambda/\mu = 1{,}26/0{,}0072 = 175$$

Para esse dia de pesquisa são necessárias 175 vagas para atender a demanda da faculdade. Agora podemos calcular a taxa de utilização (ρ), que é a relação entre o λ pelo c*μ. Para sistemas estáveis o ρ deve ser menor 1, isso significa que o número de vagas serão suficientes e não ocorrerá filas. Mas se ρ for maior ou igual a 1 significa que o número de vagas não irá suprir a necessidade e que a fila irá crescer infinitamente (PRADO, 2014). Sabendo disso será calculada a taxa de utilização para as vagas oficiais (ρO), pela equação 7 e para totais(ρT), segundo a equação 8.

$$\rho 0 = \lambda/(co.\mu) = 1{,}26/112.0{,}0072 = 1{,}56 \text{ NÃO OK}$$

$$\rho T = \lambda/(ct.\mu) = 1{,}26/181.0{,}0072 = 0{,}966 \text{ OK}$$

Segundo dia de pesquisa de campo:

- 60 alunos ocuparam vaga apenas na primeira aula (100 minutos);
- 52 alunos ocuparam vaga apenas na segunda aula (100 minutos);

- 108 alunos ocuparam vaga nas duas aulas (200 minutos).

A média ponderada para encontrarmos o tempo médio de atendimento (TA) é 149,09 minutos/aluno.

Calcula-se agora o ritmo médio de chegadas (λ) dos alunos (Eq. 6):

λ=(número total de alunos)/(intervalo máximo de atendimento)=((60+52+108))/200=1,1

Em seguida foi calculado o ritmo médio de atendimento (Eq. 3):

$$\mu=1/TA=1/149,09=0,0067$$

Com esses valores, calcula-se o número de vagas necessárias para atender a demanda (Eq. 1):

$$NA=\lambda/\mu=1,1/0,0067=164$$

Para esse dia de pesquisa são necessárias 164 vagas para atender a demanda da faculdade.

Agora podemos calcular a taxa de utilização (ρ) para as vagas oficiais (ρO) e totais (ρT).

$$\rho 0= \lambda/(co.\mu)=1,1/112.0,0067=1,46 \text{ NÃO OK}$$

$$\rho T= \lambda/(ct.\mu)=1,1/181.0,0067=0,907 \text{ OK}$$

6.4 PROJEÇÃO FUTURA

Para fazer essa análise, foi feita uma projeção linear (Figura 1) com os dados dos números dos alunos, de acordo com o crescimento dos mesmos nos últimos anos. Foram usados apenas os dados a partir de 2009/1, que foram os dados obtidos na pesquisa das secretarias dos cursos.

No eixo “y” está marcando o número de alunos em cada semestre, e no eixo “x” os anos (a partir de 2009/1). Com a fórmula encontrada através do gráfico, foi feita uma previsão para 10 anos, portanto joga-se o valor de 33 no “x” (pois são 10 anos a partir do último dado, que no caso é o ano 2009/1) para encontrarmos a projeção futura do número de alunos.

$$y=66,775\times33+838,04=3041,615 \text{ alunos}$$

Dessa forma, o número de alunos previsto para mais 10 anos na faculdade é de 3042 alunos.

Brazilian Journal of Development

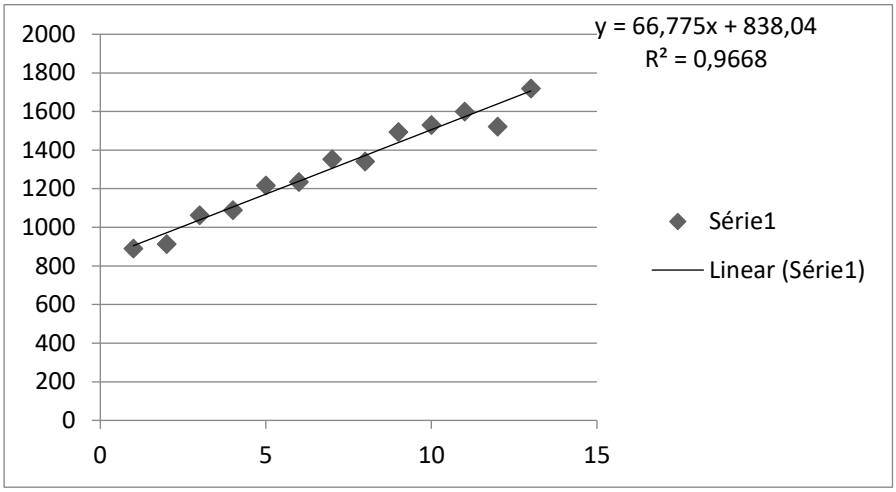


Figura 1 – Gráfico da projeção futura de alunos

Portanto, mantendo-se a mesma proporcionalidade atual entre o número total de alunos dentro da Escola de Engenharia da UFG e o número de vagas necessárias para atender a esses alunos, para a projeção futura estima-se uma necessidade de 310 vagas. Muito superior ao número de vagas oficiais existentes atualmente.

## 7 CONCLUSÕES

Com os dados em mãos, aplicou-se a teoria das filas para obter os resultados e descobrir se o estacionamento da escola de engenharia civil da universidade federal de Goiás está bem dimensionado. A teoria das filas é um ótimo método para se aplicar em diversas situações onde necessita-se determinar um número de atendentes suficientes capazes de atender a demanda. Houve dificuldade para se conseguir os parâmetros necessários para os cálculos da teoria. O principal foi na obtenção do tempo de atendimento (TA), onde teve que se adotar um critério como foi explicado na metodologia para obtê-lo. Porém depois de resolvido esse problema, teve-se capacidade de aplicar o método perfeitamente.

Ao avaliar o resultado, percebe-se que a nossa hipótese está correta o estacionamento não está dimensionado da maneira certa. A pesquisa realizada foi calculado que precisava de 175 vagas para atender a demanda da faculdade, e na escola de engenharia tem apenas 112 vagas oficiais. Porém, tem muitos espaços que poderiam ser aproveitados como vagas oficiais, e os alunos utilizam esses espaços como vagas para estacionar os seus carros. Somando essas vagas oficiais e as não oficiais, o número de vagas sobe para 181, fazendo, assim, com que a demanda da faculdade seja atendida de forma não ideal.

Algumas limitações foram observadas na pesquisa realizada, que podem afetar nos resultados. A mais marcante foi no processo de aplicação do questionário com os alunos, pois as aulas dos cursos de engenharia não são realizadas apenas na escola de engenharia, são realizadas também no centro de aulas D e no campus Samambaia, porém, ao responder o questionário, alguns dos alunos não colocaram os horários que estavam apenas na escola de engenharia, e sim a sua grade, ou seja, ele podia estar tanto na escola de engenharia, quanto no centro de aulas D ou no campus Samambaia.

A Escola de Engenharia da Universidade Federal de Goiás está passando por um processo de ampliação, um prédio novo foi construído e planeja-se que 100% da grade de aulas dos alunos dos cursos de engenharia civil, elétrica, mecânica, ambiental e da computação sejam na escola. Portanto futuramente, quando isso ocorrer, o estacionamento da escola ficará mais defasado, e apenas pintar as vagas não oficiais utilizadas pelos alunos não será mais uma solução. Essa situação deve ser estudada e analisada pelos gestores da escola para que seja tomada alguma providência em relação ao futuro déficit de vagas.

Através desse trabalho realizado, algumas sugestões podem ser feitas para trabalhos futuros. Uma sugestão seria a proposta de um novo layout para o estacionamento destinado a alunos da escola de engenharia, com a marcação de todas as vagas para que assim se possa ter um estacionamento organizado. Além disso, deve-se levar em consideração para esse novo layout a projeção futura de 310 vagas, considerando possíveis ampliações do estacionamento da escola. Essa proposta deve ser também uma preocupação futura para os gestores da escola.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. F. Transporte e mobilidade urbana I. Notas de aula, 2010.

Brasil_2003, Estatuto do Idoso, LEI Nº10741. Brasília, 2003.

PEDOT, L. C. Parada e estacionamento de veículo: qual a diferença? Disponível em: <http://abordagempolicial.com/> Acesso em: out. 2014.

Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, Polos Geradores e Certidão de Diretrizes, Informações Gerais, Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/> Acesso em: out. 2014.

CAJADO, L. Teoria das filas. 61 páginas. 2004. Graduação, Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Informática.

DENATRAN/Fundação Getúlio Vargas, Manual de procedimentos para o tratamento de pólos geradores de tráfego, Brasília: DENATRAN, 2001. 84 p.

Distrito Federal, LEI COMPLEMENTAR Nº370. Distrito Federal, 2001, 23p.

Ernst & Young: Deficit de vagas de estacionamento em São Paulo é a segundo maior do mundo. Disponível em: <http://www.maxpressnet.com.br> Acesso em: Nov.2014

Florianópolis, LEI COMPLEMENTARN.482. Florianópolis, 2014, 110p.

Goiânia. LEINº8.617. Goiânia, 2008, 61p.

Kneib, E, C., P. W. G. TACO e P. C. M. SILVA: Análise de Impactos de Pólos Geradores de Viagens na Mobilidade Utilizando o Método de Análise Hierárquica. 10 páginas. 2007. 16º Congresso de Transporte e Trânsito – ANTP.Macéio, AL.

Lindau, Luis Antonio: Mobilidade Urbana.Disponível em: <http://embarqbrasil.org/> Acesso em: out. 2014.

Melo, João Eduardo: Estacionamento privado ou público: Como diferenciar? Disponível em: <www.transitoweb.com.br> Acesso em: out. 2014.

Ministério das Cidades/Secretária Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana: PlanMob – Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana – Ministério das Cidades, Brasília, 2007. 184 p.

Mota, Bruna: Mobilidade Urbana. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/> Acesso em: out. 2014.

Prado, Darci Santos do: Teoria das filas e da simulação. 5ª edição. Editora FALCONI, 2014.

SANTOS, Glauber Eduardo de Oliveira. Cálculo amostral: calculadora on-line. Disponível em: <http://www.calculoamostral.vai.la>. Acesso em: mar. 2015.

SeMob: Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana, Caderno de referência para elaboração de plano de mobilidade urbana, Acesso em: Nov. 2014.

Widmer, João Alexandre. Contribuição à análise de problemas de filas e estoques nos transportes. São Carlos, 1989.